

Vigilancia tecnológica de películas antibacterianas y materiales inteligentes para quesos.

Technology watch on antibacterial films and smart materials for cheese.

A. Cerón-Hernández ^a, M.T. López-Ostria ^{a,*}, V. Saucedo-Rivalcoba ^b, C. Velasco-Santos ^a, A. Prieto-Uscanga ^a

^a División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Campus Querétaro, Av. Tecnológico s/n esq. Gral. Mariano Escobedo. Colonia Centro Histórico, C.P. 76000, Querétaro, Qro., México.*maria.lo@queretaro.tecnm.mx.

^b Ciencias de los Alimentos y Biotecnología. Tecnológico Nacional de México, Campus Tierra Blanca. Avenida Veracruz s/n esquina Héroes de Puebla, Colonia Pemex, Tierra Blanca, Ver. CP. 95180.

Resumen

En este trabajo se presenta el análisis de algunas tecnologías registradas y en desarrollo para empaques inteligentes y películas antibacterianas para quesos, con la finalidad de proporcionar una visión general sobre los esfuerzos realizados a través del tiempo por investigadores que proponen envases más sostenibles. El análisis, se basa en una investigación de tipo exploratoria utilizando la vigilancia tecnológica para la búsqueda, filtrado y síntesis de la información en artículos científicos y patentes, identificando factores como: origen de materiales, materias primas, en qué alimentos se han aplicado, entre otros. El objetivo fue cruzar información y obtener clasificaciones que permitieron estratificar patrones, similitudes y diferencias a través del tiempo; obteniendo como resultado una tendencia al desarrollo de mezclas poliméricas naturales. Se llevó a cabo la caracterización de algunos empaques comerciales través de espectroscopía infrarroja identificando que el 90% de sus componentes son polímeros sintéticos. Lo anterior coadyuvará a situar la importancia de investigaciones de películas usando polímeros naturales para quesos desarrollados en investigaciones paralelas.

Palabras Clave: Vigilancia Tecnológica, Empaques inteligentes, películas antibacterianas, polímeros, polímeros naturales.

Abstract

This paper presents the analysis of some registered and developing technologies for smart packaging and antibacterial films for cheese, to provide an overview of the efforts made over time by researchers proposing more sustainable packaging. The analysis is based on an exploratory type of research using technological surveillance for the search, filtering, and synthesis of information in scientific articles and patents, identifying factors such as: origin of materials, raw materials, in which foods they have been applied, among others. The objective was to cross information and obtain classifications that allowed stratifying patterns, similarities, and differences through time, obtaining as a result of this analysis a tendency to the development of natural polymeric mixtures. The characterization of some commercial packaging was carried out through infrared spectroscopy, identifying that 90% of its components are synthetic polymers. The above will contribute to situate the importance of film research using natural polymers for cheese developed in parallel research.

Keywords: Technology Watch, Smart packaging, antibacterial films, antibacterial films, polymers, natural polymers.

1. Introducción

La pérdida o desperdicio de alimentos es un problema a nivel mundial, informes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) detallan que 1.300 millones de toneladas de productos alimenticios se pierden o desperdician por año, y esta situación puede ocurrir en cualquier etapa a lo largo de la cadena de suministro (Chen,

2018). Esta sucesión de alimentos comienza desde la producción hasta el consumo final en los hogares y las principales pérdidas se propician debido a problemas técnicos y de gestión para el almacenamiento, refrigeración y transporte (Mazariegos, 2018), lo anterior propicia el uso indiscriminado de empaques para evitar el desperdicio. Debido a que los polímeros plásticos representan un peligro para el medio ambiente, las empresas buscan alternativas para cumplir con

*Autor para la correspondencia: maria.lo@queretaro.tecnm.mx

Correo electrónico: arizbethceron0@gmail.com (Arizbeth Cerón Hernández), maria.lo@queretaro.tecnm.mx (María Teresa López Ostria), polymer.7212@gmail.com (Verónica Saucedo Rivalcoba), cylaura@gmail.com (Carlos Velasco Santos), alicia.pu@queretaro.tecnm.mx (Alicia Prieto Uscanga)

Historial del manuscrito: recibido el 23/09/2022, última versión-revisada recibida el 16/11/2022, aceptado el 21/11/2022, publicado el 12/12/2022. **DOI:** <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial7.9837>



las disposiciones de sustentabilidad y sostenibilidad, por lo que la innovación de envasado de productos terminados genera desarrollos tecnológicos que buscan prolongar la vida útil de estos.

En la actualidad, la seguridad alimentaria ha sido un factor determinante en las alternativas de innovación, la generación de empaques inteligentes y películas antibacterianas originan un impacto en la creciente demanda y la toma de decisión en la compra de este tipo de productos, lo que promueve nuevas prácticas y oportunidades de mercado.

Existe una gama de productos para envolver alimentos que presentan propiedades inteligentes o antibacterianas, estos empaques o películas son capaces de censar el grado de descomposición del alimento a través de un cambio de coloración u otro indicativo. Las películas antibacterianas actúan como antibacterianas y anti-fungicidas y sus aplicaciones son diversas, van desde el diseño hasta el desarrollo de aditivos “a la medida” del consumidor (Ríos Mesa et al., 2014), por otra parte, en los empaques se incluyen materiales inteligentes, que informan o alertan al consumidor sobre una probable contaminación del producto y/o la presencia de agentes patógenos, además, los empaques inteligentes ofrecen nuevas oportunidades de negocio basadas en la digitalización y, por tanto, encajan en el ámbito más amplio de la industria 4.0 (Schaefer, 2018), la cual hace referencia a una nueva fase en la revolución industrial que se enfoca en gran medida en la interconectividad, la automatización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. Pretende aplicar todas las tecnologías 4.0 en el proceso de creatividad del diseño de los productos y servicios (Smart desing) para innovar y mejorar la competitividad fabricando productos inteligentes (Smart products) y comercializarlos, distribuirlos y seguir su ciclo completo de posventa y vida (Garrell Guui & Guilera Agüera, 2019).

Los alimentos tienen un ciclo de vida que depende de las condiciones de temperatura, humedad o presión a la que son sometidos durante su comercialización, transporte y almacenamiento y al ser un producto altamente perecedero susceptible a actividad microbiana, su envasado es estudiado y analizado de acuerdo a sus alternativas de empaqueo como: al vacío, termo formable, indicadores de coloración, empaques de alta barrera, etc. con el fin de cumplir con requerimientos y necesidades de los consumidores, considerando canales de ventas, modas sociales, estilo de vida saludable, comida rápida, entre otros.

Una de las estrategias que toda organización toma en consideración, es la de incrementar su capacidad de innovar, y para ello es necesario aprovechar el conocimiento generado sobre aquellas tecnologías que se han desarrollado así como determinar los requerimientos de la sociedad de consumo, por lo que el propósito de este artículo es identificar los aspectos técnicos y científicos que inciden en el desarrollo de empaques inteligentes y películas antibacterianas para alimentos perecederos, que permitan detectar tendencias en el diseño de nuevas propuestas que den respuesta a las demandas globales.

1.1. *Empaques inteligentes y películas antibacterianas*

El desarrollo de la industria permite la evolución de las empresas debido al dinamismo de los diferentes sectores, por lo que los empresarios deben estar alertas anticipándose a los cambios que puedan afectar su permanencia en el mercado; en el caso de la industria alimentaria los productos tienen periodos de vida cortos, y para alargarlos se ha requerido de desarrollos tecnológicos que permiten la implementación de empaques y envases cuyas funciones varían desde el diseño de aditivos a la medida hasta empaques inteligentes que informan al consumidor sobre una probable contaminación del producto, estos progresos pueden responder a las necesidades del sector productivo alimentario y proyectar grandes avances contribuyendo a la competitividad a nivel internacional, ya que se espera que el mercado mundial de envases inteligentes alcance los 26.700 millones de dólares para el año 2024 (Schaefer, 2018).

1.2. *Concepto de empaque y envase*

Según Otles, S. y Yalcin, B (2008) un envase es aquel ente que contiene al producto, protege contra efectos deteriorantes del entorno y a su vez sirve como medio de comunicación con el consumidor, estos pueden ser de diferentes tamaños y formas, también se puede utilizar como un medio de marketing que proporciona amenidades al consumidor, facilidad de uso, así como ahorro de tiempo y comodidad.

Por otra parte, el empaque es aquel que contiene al envase y su función es proteger, presentar y facilitar la manipulación de estos productos; a menudo se puede confundir estos conceptos, pero cabe señalar que de acuerdo con la clasificación se puede distinguir la diferencia como se observa la Figura 1 clasificación de empaques.



Figura 1: Clasificación de los empaques adaptado de (Gastalver Robles, 2015).

Los empaques se dividen en tres tipos de acuerdo con su funcionamiento (Gastalver Robles, 2015):

- Primario o envase. Cuya funcionalidad es actuar como recipiente o envase; contiene al producto.
- Secundario o empaque. Este contiene al empaque primario, su finalidad es proteger, presentar y facilitar la manipulación de los productos.
- Terciario o embalaje. Este agrupa tanto al envase como al empaque y su finalidad es facilitar la manipulación y el transporte de los productos a través de la cadena de valor.

Los envases pueden tener distintas funciones como: proteger al producto de las alteraciones que pueden causar al interactuar con el entorno, contenerlo, comunicar, identificar,

promocionarlo y transportarlo. En México según la Asociación Mexicana de Envases y Embalajes se crearon 12.8 millones de Toneladas de envases en el 2019 lo cual denota la importancia de la comprensión de dichas funciones.

1.3. La Evolución del envase y embalaje

En los últimos 200 años los envases se han ido modificando, desde un simple contenedor del producto a convertirse en un elemento valioso en su diseño total. A través del tiempo el requerimiento de envases a medida para alimentos preenvasados se ha ido diversificando, modificando y adicionando mejoras en envases primarios y secundarios.

A continuación, se presenta línea del tiempo (Figura 2 y 2A) que marca las principales evoluciones que han tenido los envases y empaques; inicia en el año 1809 con la inserción del cartón como materia prima principal, con el paso del tiempo se desarrollaron envasadoras dando lugar a cambios tecnológicos significativos los cuales automatizaron los procesos de envasado, posteriormente se reconoce a la chapa cromada entre las primeras patentes para envases de vidrio, hasta llegar a los desarrollos tecnológicos actuales de envases inteligentes, envases activos y la introducción del ácido poliláctico (PLA) como una opción biodegradable.

De acuerdo con lo anterior es notable que en el desarrollo de los empaques a lo largo de la cadena de valor ha sido prioridad la búsqueda de portabilidad, ofrecer información del producto, el etiquetado atractivo y la interacción entre el alimento y el empaque para alargar su vida útil.

1.4. La Función del envasado

Un envase elaborado a partir de diferentes materiales de naturaleza diversa generalmente es utilizado para: contener, proteger, manipular, distribuir y presentar al producto con el consumidor a lo largo de la cadena de valor. Así mismo es un elemento de importancia en el proceso de comercialización siendo éste el enlace de comunicación con el consumidor, además de que forma la primera barrera de protección contra el medio ambiente ya que protege al alimento contra microorganismos, macroorganismos, malas prácticas de manipulación, factores físicos, químicos y reacciones internas, las cuales pueden reducir el tiempo de vida útil del producto.

El envasado de los alimentos es de gran importancia ya que de ello dependen algunas de las características organolépticas del alimento, por ejemplo, su vida útil y estabilidad. Dentro de las principales funciones se encuentran:

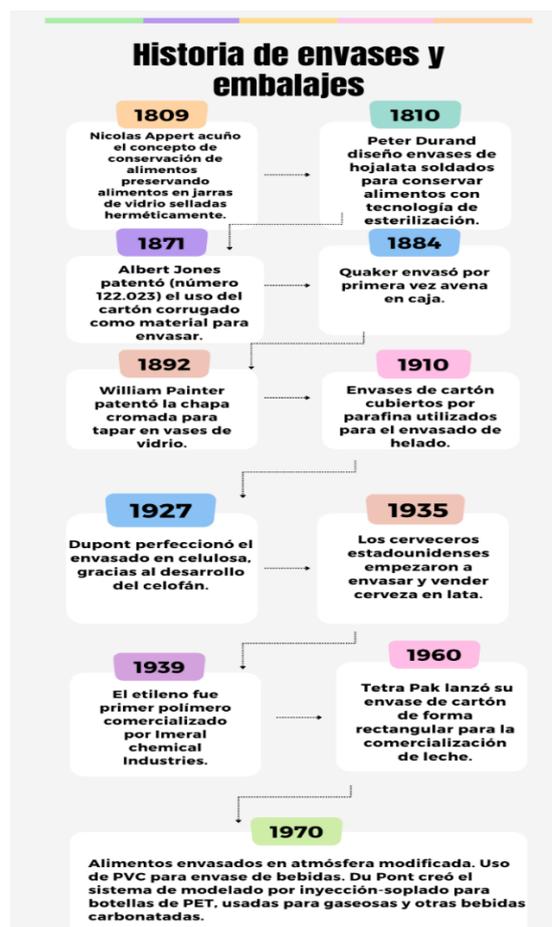


Figura 2: Historia de envases y embalajes adaptado de (Povea Garcerant 2014)

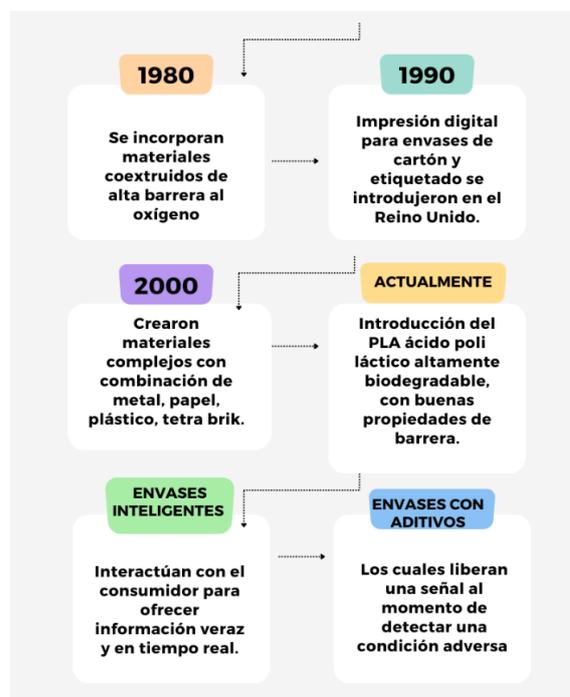


Figura 2A: Historia de envases y embalajes adaptado de (Povea Garcerant 2015). Continuación.

- Contener los alimentos y preservar la forma, textura, color, olor y sabor de este.
- Proteger los alimentos del deterioro químico y físico.
- Protegerlos de la contaminación y deterioro por microorganismos, parásitos y otros agentes contaminantes.
- Informar a los consumidores sobre las características del producto, propiedades nutricionales, composición, forma de almacenamiento y manipulación.
- Evitar pérdidas de sabor o aroma y prolongar el tiempo de almacenamiento.
- Mantener la atmósfera interna del alimento.
- Regular el contenido de agua o humedad del alimento.
- Preservar la calidad nutricional del producto ya que existen nutrientes como las vitaminas de los alimentos que se degradan por su exposición a la luz solar.

sensorial del producto, lo que prolonga la vida comercial 2-3 veces, es superior al envasado tradicional en aire, además de proporcionar cierto control sobre reacciones químicas, enzimáticas y contaminación microbiana. La atmósfera protectora se puede clasificar en: al vacío, atmósfera controlada y atmósfera modificada (ver figura 4).



Figura 4: Clasificación de las atmósferas protectoras.

Este envasado presenta una serie de ventajas y desventajas como se detalla en la tabla 1:

Tabla 1: Ventajas y desventajas del envasado con atmósferas protectoras.

Ventajas y desventajas de las atmósferas controladas.	
Ventajas	Desventajas
Incremento de la vida útil	Diseño de atmósfera adecuada para cada alimento
Reducción de la intensidad de otros tratamientos de conservación	Elevada inversión inicial
Optimización de la gestión de almacenes: no hay riesgo de transmisión de olores, posibilidad de apilamiento.	Coste alto de los materiales de envasado y gases
Mejora en la presentación del alimento	Incremento de volumen de los envases
Valor añadido	Necesidad de personal calificado
	Colapso del envase, formación de exudado.

Recubrimientos comestibles: son películas biodegradables que se adhieren a la superficie del alimento creando una micro atmósfera pobre de oxígeno en torno a él. Su objetivo es mantener la calidad sensorial y prolongar la vida útil del producto. Ofrecen protección frente a los gases y la humedad, evitan la pérdida de aromas y la deshidratación, así como pueden mejorar la textura y apariencia. Estos recubrimientos comestibles se generan a partir de diferentes materiales, los cuales proporcionan las propiedades de barrera en función de la composición entre los que se encuentran los polisacáridos, lípidos y proteínas. En la figura 5 se observan las características de cada uno de ellos.

1.5. Clasificación de los envases

Debido a la versatilidad y a las funciones, los envases se pueden dividir en pasivos y activos. Los envases pasivos se consideran como entidades separadas (producto y ambiente) y se conoce como un envasado tradicional, los envases activos o dinámicos son que interactúan directamente con el producto y/o su ambiente para extender la vida útil del alimento manteniendo su calidad figura 3.

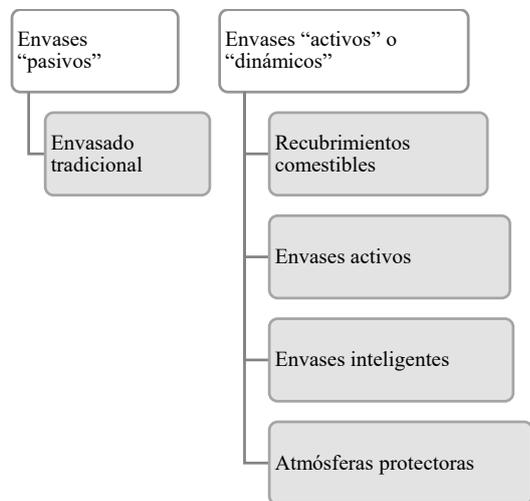


Figura 3: Clasificación de los envases en base a funcionalidad

Los envases activos o dinámicos a su vez se clasifican en: atmósferas protectoras, recubrimientos comestibles y envases activos e inteligentes. A continuación, se describen cada uno de ellos:

Atmósfera protectora: su principal función es proteger el alimento, aísla el ambiente interno de la atmósfera externa a través de la eliminación del aire contenido en el envase. También se puede inyectar un gas o mezcla de gases de acuerdo con las propiedades del alimento lo que propicia un ambiente gaseoso óptimo para la conservación del producto. Generalmente se reduce el contenido de oxígeno y se aumenta el del dióxido de carbono, con ello se logra mantener la calidad

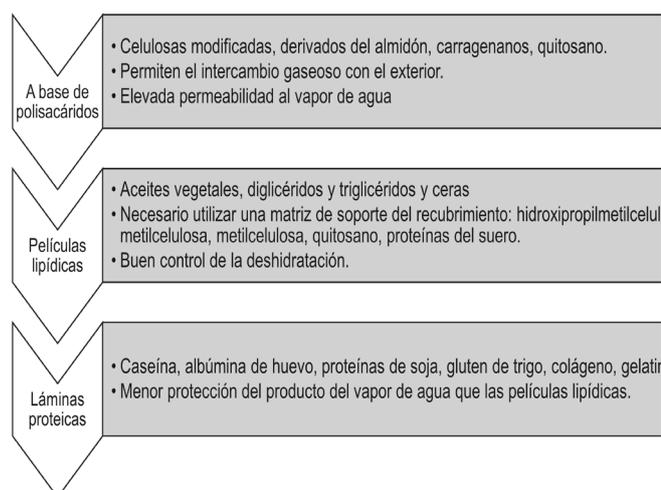


Figura 5: Características de los recubrimientos comestibles.

Se puede apreciar la importancia de distinguir la composición de los recubrimientos comestibles ya que de ello depende su funcionalidad además de diferenciar la materia prima de la cual se puede extraer.

Envases activos e inteligentes: es aquel que utiliza las propiedades del alimento o de algún material del envase como indicador del historial y calidad del producto. Por otra parte, un envase activo es aquel que es capaz de aumentar la vida útil, mejorar la seguridad y mantener la calidad del alimento a través de la interacción entre el producto y el envase. A continuación, en la figura 6 se observa los conceptos y características de cada uno.

Dentro de los tipos de envases se adiciona el concepto de Smart Packaging o envasado total el cual supervisa cambios y actúa sobre ellos, este puede seguir y rastrear un producto a lo largo de su ciclo de vida y analizar y controlar el entorno tanto dentro y fuera del envase.

2. Método

Se llevó a cabo una investigación exploratoria con la finalidad de analizar las tecnologías registradas o en desarrollo en fuentes especializadas a través del uso de la herramienta de vigilancia tecnológica, lo anterior con base en la norma UNE 166006 sobre Sistemas de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, la cual define a este sistema como el “proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”, (Norma UNE 166006:2018, 2018) este proceso se enfocó en la búsqueda de patentes y resultados de investigaciones sobre empaques inteligentes y películas antibacterianas para quesos; a continuación, se describen los cuatro diferentes momentos en los que se distribuyó la búsqueda de información:

1. Se inició con un análisis documental a partir del cual se identificaron las características de polímeros utilizados y sus aplicaciones, estas búsquedas de información se llevaron a cabo en bases de datos de artículos, tesis y memorias de investigación como *Scielo*, *El seiver*, *Doaj*, *Redalyc*, *Dialnet*, *Google Académico*, encontrándose con 3,616 coincidencias de búsqueda que posteriormente se filtraron con base al factor crítico a vigilar denominado “*empaque inteligente o película antibacteriana formulado con mezcla polimérica*”.
2. En un segundo momento, se realizaron búsquedas de patentes por medio de metabuscadores como *Google Academics*, *Espacenet*, *Patentsscope* y en la página del *IMPI* con la finalidad de establecer la tendencia temporal de patentamiento, en torno a los empaques inteligentes y películas antibacterianas para alimentos; esto fue posible gracias al filtrado de información de acuerdo con el factor crítico a vigilar empleando para ello palabras clave y ecuaciones de búsqueda, con énfasis en empaques para quesos (ver la tabla 2).

Tabla 2. Palabras clave y ecuaciones de búsqueda de empaques inteligentes y películas antibacterianas para quesos.

Patentes	Artículos
“Empaques” + “inteligentes”	Empaques inteligentes para queso fresco.
“Empaques” + “inteligentes” + “queso”	Empaques inteligentes a base de polímeros naturales para queso.
“Empaques” + “inteligentes” + “alimentos”	Películas antibacterianas para alimentos.
“Películas” + “Antibacterianas”	Películas antibacterianas para queso fresco.
“Películas” + “Antibacterianas” + “queso”	Empaques inteligentes y películas antibacterianas para queso.
“Películas” + “Antibacterianas” + “alimentos”	Empaques para queso a base de polímeros naturales.
“Empaques” + “Polímeros naturales”	

3. En un tercer momento se identificó información seleccionando las referencias en las que se distingue la presencia de polímeros naturales en la formulación de empaques inteligentes o películas antibacterianas para quesos, una vez seleccionados se identificó el origen del polímero clasificándose en: natural y sintético y con la información obtenida, se elaboraron esquemas y gráficos de comparación como se detallan en los resultados.
4. En un cuarto momento se llevó a cabo un muestreo no probabilístico de empaques comercializados en la actualidad con la finalidad de llevar a cabo la caracterización de estos a través de la técnica de espectroscopía infrarroja y de esta manera, identificar los polímeros de los cuales se componen.

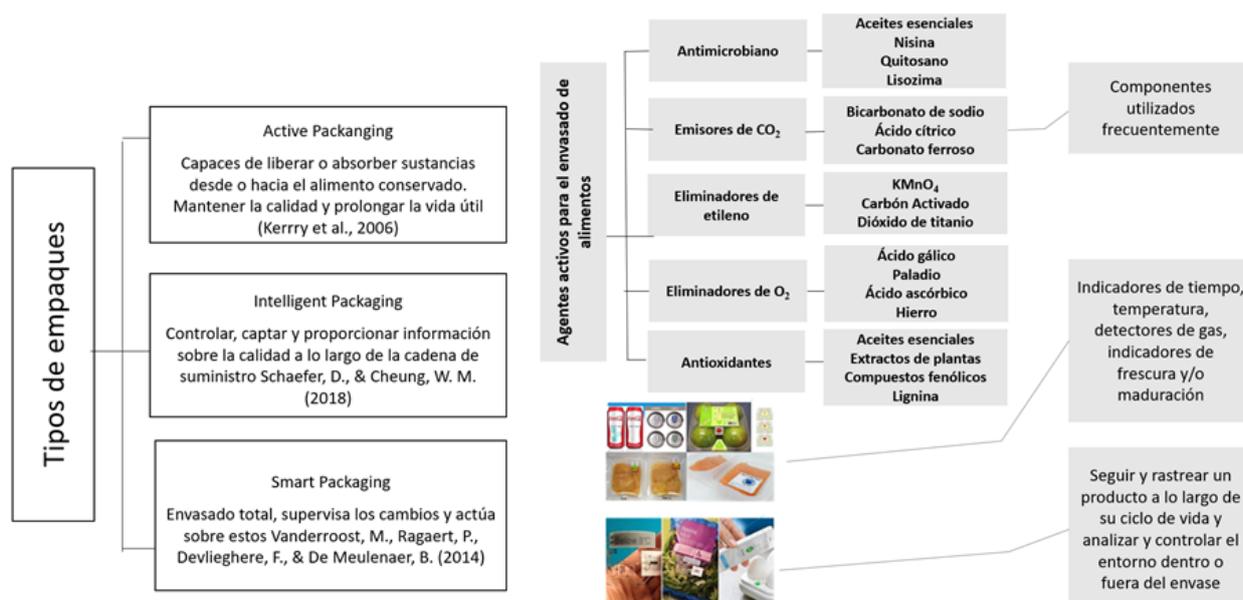


Figura 6: Tipos de envases

3. Resultados y Discusión

Se encontraron 3,616 coincidencias de búsqueda relacionadas con películas antibacterianas y empaques inteligentes para quesos, de estos, 67 fueron los más significativos debido a coincidencias con el factor crítico de vigilancia “*empaques inteligentes o películas antibacterianas formuladas con mezcla polimérica*”, de los cuales el 36% pertenece a tesis y el 64% a artículos de investigación (ver figura 7). Observando que en general se pueden utilizar no solo en empaques para queso sino también en hortalizas, frutas y cárnicos.

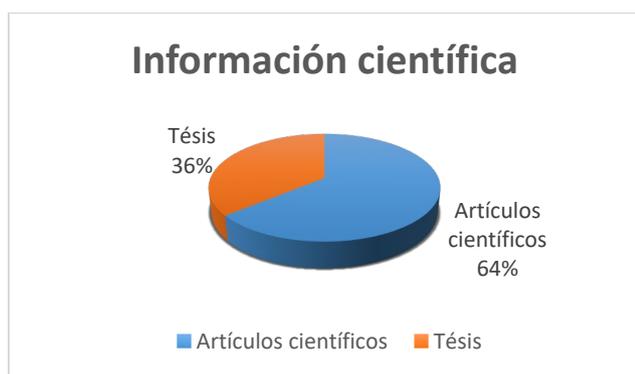


Figura 7. Porcentaje de Tesis y artículos científicos

En un análisis adicional se identificaron aquellas investigaciones que presentan una mayor actualización por el uso de tecnologías con desarrollo más especializado, por lo que en la tabla 3 se describen los artículos más significativos.

Se aprecia que las tendencias actuales en investigación van encaminadas a la aplicación de polímeros naturales como parte de mezclas poliméricas, los cuales pueden impactar en los objetivos establecidos en la agenda 2030, específicamente en el objetivo no. 12 “producción y consumo responsable” así como el objetivo 13 “Acción por el clima”, lo anterior, debido a que estas películas de origen orgánico debido a que estas películas de origen orgánico presentan mayor grado de degradación debido a que sus principales componentes son:

- Biopolímeros de origen animal como: quitosano, gretina, caseína, cera de abeja
- Biopolímeros de origen vegetal: mezclas de almidón, celulosa, alginato, entre otros.

En cuanto a tendencia de artículos científicos y tesis de investigación, se obtuvo información del periodo comprendido entre el 2006 al 2021 en el que se puede apreciar un incremento de desarrollos tecnológicos, siendo el año 2020 en el que más publicaciones se llevaron a cabo (Ver figura 8).

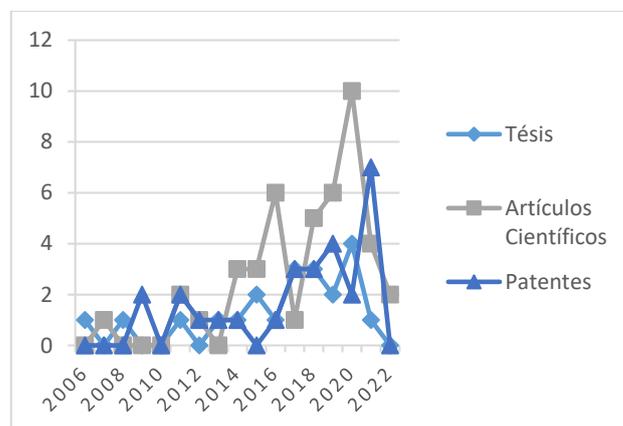


Figura 8: Tendencia temporal de Artículos científicos y tesis desde 2006.

Tabla 3. Resultados de la búsqueda de artículos de investigación (marzo 2022).

Artículo	Cita	Descripción
Static intermittent fed-batch production of bacterial nanocellulose from black tea and its modification using chitosan to develop antibacterial green packaging material	Sharma et al. (2021)	Estudio ofrece un enfoque industrialmente significativo para el desarrollo de películas de nanocelulosa bacteriana (BNC) ecológicas y de bajo costo utilizando tecnología estática intermitente alimentada por lotes (SIFB) de medio de bajo costo, es decir, té negro fermentado
Chitosan based ZnO nanoparticles loaded gallic-acid films for active food packaging	Yadav et al. (2021)	Se han preparado películas de ácido gálico cargadas con nanopartículas de quitosano (Ch) y óxido de zinc (Ch-ZnO) para su explotación como material de envasado de alimentos benigno para el medio ambiente.
Biopelículas activas de extracto acuoso de <i>Gliricidia sepium</i> y su influencia en la vida útil microbiológica del queso costeño	González-Cuello et al (2021)	El objetivo de este estudio fue obtener biopelículas activas (BPA) a base de extracto acuoso de hojas de <i>Gliricidia sepium</i> y determinar su efecto en la vida útil microbiológica del queso costeño.
Conception of active food packaging films based on crab chitosan and gelatin enriched with crustacean protein hydrolysates with improved functional and biological properties	Hajji et al. (2021)	Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de los hidrolizados de proteína de camarón y cangrejo (SPH y CPH) en la estructura, propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y antimicrobianas de películas compuestas a base de quitosano y gelatina de pescado.
Eco-friendly natural extract loaded antioxidative chitosan/polyvinyl alcohol based active films for food packaging	Annu et al. (2021)	Desarrollo de Películas bicomponentes a base de quitosano (CS) y alcohol polivinílico (PVA) cargadas con extracto natural de <i>Ocimum tenuiflorum</i> a través de la técnica de colada con solvente.
Alkynyl silver modified chitosan and its potential applications in food area	Mei et al. (2021)	El material de recubrimiento antimicrobiano Ag-CS desarrollado posee fuertes propiedades antimicrobianas, y su capacidad para disminuir la tasa de deterioro de los camarones indica su potencial en la mejora de la calidad y vida útil de los alimentos.
Halochromic and antioxidant capacity of smart films of chitosan/chitin nanocrystals with curcuma oil and anthocyanins	Fernández-Marín et al. (2022)	Desarrollar películas inteligentes sensibles al pH mediante la adición de aceite de cúrcuma (compuesto por aceites esenciales y pigmentos) y extractos de antocianinas a una matriz de quitosano reforzada con nanocristales de alfa quitina.
Facile fabrication of sandwich-like anthocyanin/chitosan/lemongrass essential oil films via 3D printing for intelligent evaluation of pork freshness	Li et al. (2022)	En este estudio, se usaron quitosano (CH), antocianina de morera (MA) y aceites esenciales de limoncillo (LEO) como capa intermedia utilizando una impresora 3D.

La tabla 4 muestra la matriz comparativa de búsqueda de patentes en base a materiales poliméricos de los cuales están elaborados, donde se observa que existen materiales poliméricos de origen vegetal y animal, encontrando un total de 22 patentes para empaques para alimentos, la búsqueda comprendió el periodo del 2006 al 2021, en algunos casos se encuentran protegidas y no se puede identificar la fórmula del polímero registrado.

De igual forma se realizó un análisis de tendencias en cuanto al registro de patentes en la que se identifica al año 2016 el mayor registro de patentes (figura 9).

Tabla 4. Resultados de la búsqueda de patentes

Material			Patentes
Polímeros naturales	Origen animal	Quitosano	3
	Origen Vegetal	Celulosa, Almidón	3
	Poliectrolitos		1
Polímeros sintéticos	Polietileno	PE, HDPE, LDPE, PE	9
	Poliamida		1
	Polímeros no especificados	No existe información	5
Total			22

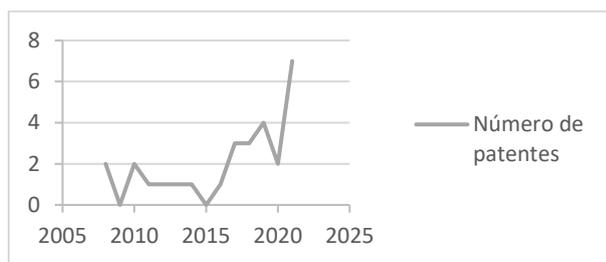


Figura 9. Tendencia de patentamiento periodo 2006-2021.

En un análisis adicional se estudiaron los derechos exclusivos territoriales sobre las invenciones que pueden ser utilizadas por terceros, esto faculta al titular de la patente a decidir sobre quién puede utilizar su invención. En la figura 10 se presentan los países que han registrado desarrollos tecnológicos en materia de empaques inteligentes en general, cabe señalar que la búsqueda de estas patentes se llevó a cabo bajo los términos de búsqueda señalados en la tabla 2.

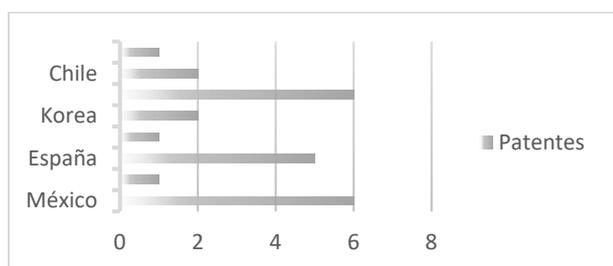


Figura 10. Gráfico de países con patentes de empaques inteligentes y/o películas antibacterianas de alimentos percederos.

El registro de patentes aún sigue siendo escasa, cabe mencionar que, aunque en México se observan 6 patentes estos registros pertenecen en su mayoría a empresas y/o investigadores de origen extranjero en búsqueda de la protección de su invención.

Por otra parte, adicional a la búsqueda de vigilancia tecnológica, se realizó un muestreo no probabilístico de empaques comercializados en la actualidad, con la finalidad de llevar a cabo la caracterización de éstos a través de la técnica de espectrofotometría infrarroja a fin de identificar los polímeros que los componen.

Se llevó a cabo el análisis de tres tipos de muestras pertenecientes a cárnicos, queso fresco y embutidos de los cuales se presentan los espectros obtenidos mediante la técnica de espectrofotometría infrarroja, estas muestras fueron obtenidas del mercado y elegidas en base a características reportadas por los mismos como: porcentaje de humedad, , abre fácil, envasado al vacío, alta barrera a la humedad, empaque resellable y características que las etiquetas mencionan las cuales hacen más fácil la portabilidad del alimento.

Los espectros de las muestras de cárnicos, queso fresco y embutidos se muestran en las figuras 11, 12 y 13, respectivamente, se logró identificar dos polímeros sintéticos que constituyen el 90% de las muestras de polietileno de baja densidad (LPDE) y polietileno tereftalato (PET) según

(Coates, 2000), en el capítulo interpretación de espectros infrarrojos, un enfoque práctico pp. 10815-10837, ambos en la estructura tanto interior, como exterior de los empaques. A continuación, se presenta la tabla 5 donde se describen los picos de estos polímeros.

Tabla 5. Bandas características del espectro de Polietileno tereftalato.

Bandas características del espectro de PET	
Numero de onda	
1700 cm ⁻¹	Tensión del enlace C=O
1000-1100 cm ⁻¹	Movimientos de tensión de los enlaces del anillo aromático
2800-2900 cm ⁻¹	Tensión de enlaces C-H

En este espectro, se observa una banda intensa correspondiente a la tensión del enlace C=O en 1700 y movimientos de tensión entre 1000- 1100 cm⁻¹ por tensiones de los enlaces del anillo aromático. Las bandas de tensión de los enlaces C-H a 2800-2900 cm⁻¹ son débiles, aunque se alcanzan a percibir. Este polímero fue encontrado en las muestras C1 y C2 de la figura 11 correspondiente a cárnicos, de igual forma en Q2 exterior, Q2 interior, Q3 exterior y Q4 interior pertenecientes a empaques de queso figura 12, y por último en la muestra E2 perteneciente a embutidos figura 13.

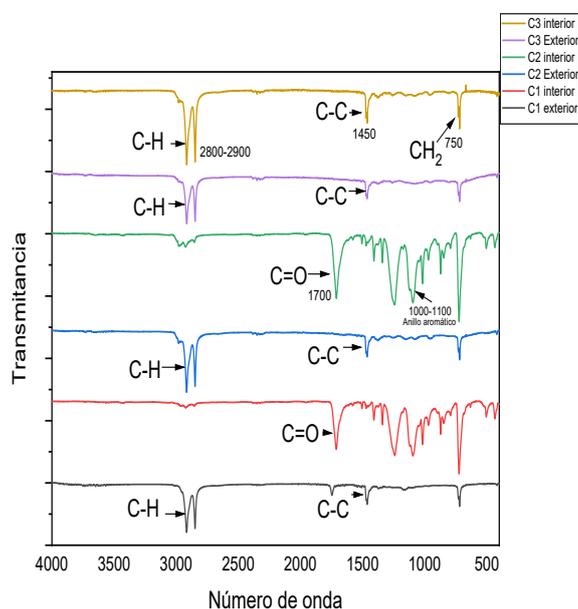


Figura 11. Espectro de muestras de cárnicos C1, C2 y C3 parte interna y externa.

Otro de los polímeros identificados es el polietileno de baja densidad (LPDE), se observan cuatro grupos de bandas correspondientes a movimientos de estiramiento asimétrico del CH₂ en los enlaces C-H a 2900 cm⁻¹, y en los 2800 cm⁻¹ una banda perteneciente a los estiramientos simétricos correspondientes al CH₂ en los enlaces C-H, una banda en los 1450 cm⁻¹ relacionada con la deformación del CH₃ y a un

movimiento de flexión tipo rocking de $-\text{CH}_2$ en 750 cm^{-1} . Como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Bandas características del espectro de Polietileno de baja densidad.

Bandas características del espectro de LPDE	
Numero de onda	
2900 cm^{-1}	CH_2 Estiramiento asimétrico C-H
2800 cm^{-1}	CH_2 estiramientos simétricos C-H
1450 cm^{-1}	Deformación CH_3
750 cm^{-1}	Movimiento de flexión tipo rocking CH_2

Este polímero se encuentra en las muestras de cárnicos de la figura 11 C1, C2, C3 exterior y C3 interior, para el caso de quesos en Q1 y Q4 exterior y Q1, Q3 interior como se muestra en la figura 12. Para embutidos se encuentra en las muestras E1 Exterior y E2 Interior figura 13.

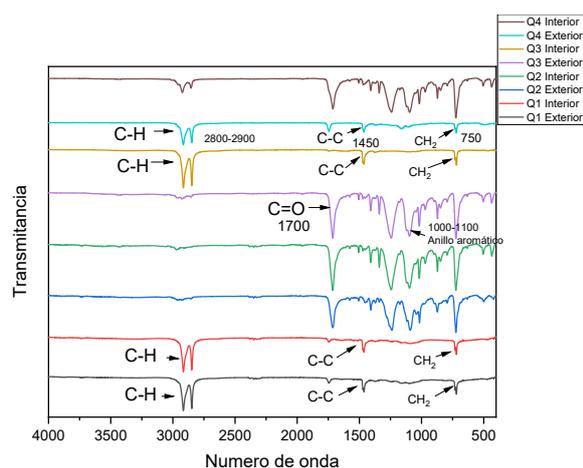


Figura 12: Espectros de muestras de empaques de quesos Q1, Q2, Q3, Q4 exterior e interior.

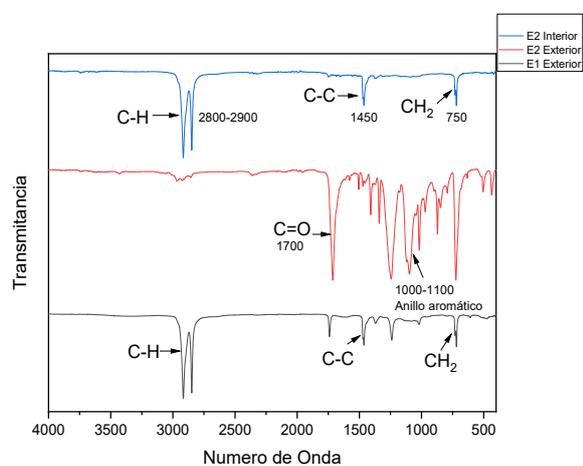


Figura 13 Espectros de muestras de empaques de embutidos E1, E2 interior y exterior.

Como se puede observar en las muestras de cárnicos, quesos y embutidos los polímeros predominantes en su estructura son polímeros sintéticos.

4. Conclusiones

Los avances en términos de empaques inteligentes y películas antibacterianas para quesos han sido significativos por su impacto en aspectos como: conservación, protección y comercialización, representando una oportunidad de crecimiento tecnológico, estos van desde la generación de aditivos a la medida, hasta empaques inteligentes que informan a un consumidor sobre una probable contaminación del producto.

El desarrollo de películas antibacterianas y empaques inteligentes han tenido un aumento en el campo de la agroindustria, estos progresos pueden responder a las necesidades del sector productivo y proyectar grandes avances contribuyendo a la competitividad a nivel internacional y al desarrollo sostenible del mismo, la importancia y utilidad de los envases inteligentes y películas antibacterianas como una opción de innovación en el mercado aparte de garantizar la preservación de la calidad y la seguridad, comunica y da información al consumidor acerca de su estado y puede actuar como herramienta de marketing.

La investigación denota una falta de cultura en materia de registro de patentes, ya que, en comparación a las publicaciones sobre investigación de desarrollos tecnológicos para empaques, aún no se han registrado de manera significativa empaques poliméricos naturales, identificando que existe un patentamiento mayor en empaques de origen sintético. Se documentó una tendencia hacia el desarrollo de nuevas tecnologías en las cuales se demuestra su uso inteligente o antimicrobiano, así como su biodegradabilidad y generación a partir de mezclas poliméricas naturales en el uso de alimentos como el queso, demostrando su estabilidad química.

De acuerdo con el artículo de Tendencias para el 2020 de la industria del empaque en el 2019 el valor de este mercado ha incrementado y se espera que para el 2023 alcance 1000 millones de dólares siendo los principales consumidores de empaques Asia y Norteamérica, por lo que los resultados obtenidos en la vigilancia tecnológica demuestran que las investigaciones son congruentes a esta tendencia.

Por otra parte, en MarketsandMarkets página especializada en la recopilación y análisis de datos sobre inteligencia de mercado, en el 2021, estima que la creciente demanda de bioplásticos y biopolímeros de varios segmentos de uso final va en aumento, debido a los estrictos mandatos regulatorios y de sostenibilidad y, a las crecientes preocupaciones por el medio ambiente de tal forma que se prevé un aumento de 29.7 millones de dólares para el 2026, lo que en este estudio se confirma que la ciencia y la tecnología en su desarrollo han obtenido mejores resultados a partir de la generación de empaque y películas para alimentos a base de biopolímeros que combinan componentes de origen natural con resinas plásticas, lo que favorece el cuidado por el medio ambiente.

En México la industria del envase y embalaje cuenta con 650 empresas, aportando el 1.7% del producto interno bruto con 77,000 empleos directos generados, en el 2019 creó 12.8 millones de toneladas de envases, esto según la asociación mexicana de envases y embalajes, lo que genera una oportunidad para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías sustentables y sostenibles a partir de biopolímeros.

Así, este estudio sienta las bases de la importancia que podría tener la incorporación al mercado de películas generadas a partir de polímeros naturales en los empaques de alimentos. Como se mencionó anteriormente la finalidad de este trabajo surge como una necesidad de comparar los materiales existentes en el mercado con el fin de documentar la viabilidad de empaçar los quesos con polímeros naturales tal y como se ha comenzado a realizar en el departamento de Ciencias de los Alimentos y Biotecnología del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, desarrollando empaques a partir de biopolímeros, lo cual sería de gran importancia que llegara al mercado, ya que dentro de otras problemáticas detectadas, la desintegración de los polímeros que se usan en la actualidad suelen fragmentarse y terminar dentro de los microplásticos contaminantes (Jin et al., 2021).

Referencias

- Alarcón Cavero, H. A., Arroyo Benites, E. (2016). Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3), 315–323. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i3.92>
- Annu, Ali, A., & Ahmed, S. (2021). Eco-friendly natural extract loaded antioxidative chitosan/polyvinyl alcohol based active films for food packaging. *Heliyon*, 7(3), e06550. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06550>
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M. & Yin, B. (2018). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. *IEEE Access*, 6, 6505-6519. <https://doi.org/10.1109/access.2017.2783682>
- Coates, J. (2000). *Encyclopedia of analytical chemistry: Interpretation of infrared spectra, a practical approach*. R.A. Meyers.
- Fernández-Marín, R., Fernandes, S. C., Sánchez, M. N. A., & Labidi, J. (2022). Halochromic and antioxidant capacity of smart films of chitosan/chitin nanocrystals with curcuma oil and anthocyanins. *Food Hydrocolloids*, 123, 107119. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107119>
- Garcerant, I. P. (2014). *La función del envase en la conservación de alimentos*. Universidad de la Salle. <https://books.google.com.mx/books?id=G4D1DwAAQBAJ>
- Garrell Guiu, A. & Guilera Agüera, Ll. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital*. Google books. <https://books.google.com.mx/books?id=YnSIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=a+Industria+4.0+en+la+sociedad+digital+De+Antoni+Garrell+Lloren%C3%A7+Guilera&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewiPIYXZn8D7AhXblGoFHc96DhkQ6AF6BAGMEAl#v=onepage&q=a%20Industria%204.0%20en%20la%20sociedad%20digital%20De%20Antoni%20Garrell%2C%20Lloren%C3%A7%20Guilera&f=false>
- González-Cuello, R., Guardo-Palomino, F., & Quintana-Martínez, S. (2021). Biopelículas activas de extracto acuoso de *Gliricidia sepium* y su influencia en la vida útil microbiológica del queso costeño. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1467>
- Hajji, S., Kchaou, H., Bkhairia, I., Ben Slama-Ben Salem, R., Boufi, S., Debeaufort, F. & Nasri, M. (2021). Conception of active food packaging films based on crab chitosan and gelatin enriched with crustacean protein hydrolysates with improved functional and biological properties. *Food Hydrocolloids*, 116, 106639. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106639>
- Jin, M., Wang, X., Ren, T., Wang, J. & Shan, J. (2021b, Junio 19). Microplastics contamination in food and beverages: Direct exposure to humans. *Journal of Food Science*, 86(7), 2816-2837. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15802>
- Li, S., Jiang, Y., Zhou, Y., Li, R., Jiang, Y., Alomgir Hossen, M., Dai, J., Qin, W., & Liu, Y. (2022). Facile fabrication of sandwich-like anthocyanin/chitosan/lemongrass essential oil films via 3D printing for intelligent evaluation of pork freshness. *Food Chemistry*, 370, 131082. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131082>
- Mazariegos, M. (2018, 25 octubre). El desperdicio de alimentos y su impacto en el medio ambiente. *Sostenibilidad*. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/food-loss-waste-negative-impact-environment/>
- Mei, L., Jiang, F., Zhang, F., Zhang, J., Li, Y., Liu, Y., Luo, Y., & Wang, Q. (2021). Alkynyl silver modified chitosan and its potential applications in the food area. *Carbohydrate Polymers*, 254, 117416. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117416>
- Norma UNE 166006:2018. (abril de 2018). *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia*. Génova-6, Madrid, España.
- Otles S., Y. B. (2008). *Intelligent Food Packaging*. *LogForum* 4, 4, 3.
- Ríos Mesa, A., Zuluaga Gallego, R., Méndez Naranjo, K. C., Caicedo Palacios, M. L., Bedoya Correa, S. M., & Giraldo Ramírez, D. P. (2014). Tendencias investigativas de la nanotecnología en empaques y envases para alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 11(2), 18–28. <https://doi.org/10.22507/rli.v11n2a2>
- Ríos Mesa, A., Zuluaga Gallego, R., Méndez Naranjo, K. C., Caicedo Palacios, M. L., Bedoya Correa, S. M. & Giraldo Ramírez, D. P. (2014). Tendencias investigativas de la nanotecnología en empaques y envases para alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 11(2), 18-28. <https://doi.org/10.22507/rli.v11n2a2>
- Schaefer, D., & Cheung, W. M. (2018). Smart Packaging: Opportunities and Challenges. *Procedia CIRP*, 72, 1022–1027. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.240>
- Sharma, C., Bhardwaj, N. K., & Pathak, P. (2021). Static intermittent fed-batch production of bacterial nanocellulose from black tea and its modification using chitosan to develop antibacterial green packaging material. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123608>
- Yadav, S., Mehrotra, G., & Dutta, P. (2021). Chitosan based ZnO nanoparticles loaded gallic-acid films for active food packaging. *Food Chemistry*, 334, 127605. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127605>